

# 基于专利信息的页岩气勘探开发技术发展趋势研究

思娜<sup>1</sup>, 李婧<sup>1</sup>, 安雷<sup>2</sup>

(1. 中国石化石油工程技术研究院, 北京 100101; 2. 中国石化集团国际石油勘探开发有限公司, 北京 100083)

**摘要:**页岩气是近年来备受关注的非常规能源,因此页岩气勘探开发相关技术也成为技术研发焦点。目前国内外已经形成了大量的专利技术,采用国际专利分类法,通过德温特国际专利数据库和中国知识产权网专利数据库进行检索分析,发现整个页岩气技术群主要集中在干馏、热采等 15 个专业领域,而钻井、固井、完井和压裂等相关专利却占比很少,但这 4 个专业的相关专利在 2000 年后得到了快速增加。从生命周期来判断,页岩气整体技术群的发展处于快速发展时期,预计将于 2018 年进入成熟期,而钻井、完井、固井和压裂等 4 个上游相关专业却刚刚进入快速发展时期。

**关键词:**页岩气;勘探开发;发展趋势;专利

**中图分类号:**P634;TE37 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2014)12-0015-05

**Study on Development Trend of Shale Gas Exploration and Development Technology Based on Patent Information/SI Na<sup>1</sup>, LI Jing<sup>1</sup>, AN Lei<sup>2</sup>** (1. SINOPEC Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing 100101, China; 2. SINOPEC International Petroleum Exploration and Production Corporation, Beijing 100082, China)

**Abstract:** Shale gas is a kind of unconventional energy which draws more concern in recent years, so the related exploration and development technologies become the focus. A large quantity of patented technologies has been currently created both in China and abroad. The catalog analysis is made based on the adoption of international patent classification method and using Derent international patent database and Patent database of China intellectual property network, it is found that the patent applications of whole shale gas technologies group are concentrated in 15 technological areas, such as dry distillation and and thermal recovery; while patents of drilling, cementing, well completion and fracturing have accounted very small propotion. But the related patents of these 4 fields are booming quickly. Judging from the life cycle, the shale gas technology is in a period of rapie development and will go to the maturation in 2018. The related upstream fields of drilling, cementing, well completion and fracturing is just entering the rapie development period.

**Key words:** shale gas; exploration development; development trend; patent

在能源竞争激烈的当今社会,石油面临着所谓的枯竭,能源供需形势越来越严峻,各大石油企业纷纷在非常规能源开采方面投入大量精力,寻找更多的可利用能源,特别是页岩气勘探开发技术的研发已成为当前热点。因此,及时了解页岩气勘探开发技术发展规律、分析研究其发展趋势是掌握当前非常规能源形势的一个前提,同时也是企业制定能源战略规划的关键。

## 1 国内外页岩气技术专利概况

本文首先对页岩气技术相关专利进行统计分析,重点分析钻井、固井、完井和压裂 4 个专业。采用国际专利分类法(IPC),通过德温特国际专利数据库汇总检索得到符合条件的同族专利共 2981 条,其中钻井、固井、完井和压裂相关专利 551 条。因专利从申请到公开时间大约需要 18 个月,故本文专利数据查

询截止 2014 年 7 月,2013、2014 年数据仅作为参考。

### 1.1 专利数据时序分析

图 1 为 1960~2014 年德温特数据库收录的页岩气勘探开发技术专利申请数量随时间的变化情况。

在整个过程中,页岩气勘探开发技术专利申请数量存在较为明显的波动现象,这与油气资源的需求

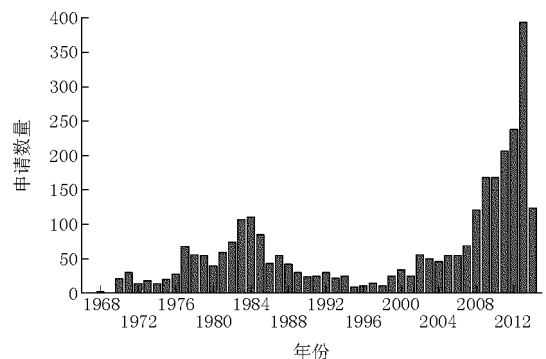


图 1 1960~2014 年页岩气勘探开发技术专利年度变化

收稿日期:2014-08-08; 修回日期:2014-11-21

基金项目:石油工程技术发展规律研究及趋势预测

作者简介:思娜(1983-),女(汉族),陕西榆林人,中国石化石油工程技术研究院工程师,油气井工程专业,硕士,从事战略规划方面的研究工作,北京市朝阳区北辰东路北辰时代大厦 919 室,sina0298@126.com。

变化存在着很强的相关性。从图1中可以看出,页岩气技术的发展呈现出3个明显的阶段:

第一阶段(1960~1982年):专利申请呈整体上升态势,从1967年的2件逐步增长到1982年的74件。这是因为在20世纪70年代爆发石油危机期间,石油输出国组织大幅降低石油出口量,导致全球性油气供应紧张,欧美许多国家纷纷将解决其国内油气供应不足的希望寄托在非常规油气资源和替代能源研发上,这促进了页岩气研发技术的快速发展,产生了众多专利技术。但由于受到当时技术水平较低、地质研究薄弱等因素的制约,页岩气勘探开发成本相对较高。

第二阶段(1982~1995年):专利申请整体呈下降趋势,从1982年的74件逐步下降到1995年的9件。随着80年代初石油危机的结束,油气供应的紧张局面得以缓解,使得页岩气的研发热潮很快退去,相关专利技术的年申请量也随之呈下降趋势。

第三阶段(1995~2014年):专利申请再次呈现整体上升的趋势,从1995年的9件逐步增长到2013年的394件,2014年124件,仅作参考(数据截至2014年7月)。1995年以后,随着世界经济的快速发展,对油气需求量的逐年增大,以及一些老油气田产量的下降,对非常规油气资源的研究重新引起全球石油行业的兴趣,特别是进入21世纪以来,页岩气勘探开发技术专利产出呈迅猛发展趋势<sup>[1]</sup>。

## 1.2 基于专利信息的技术生命周期研究

### 1.2.1 生命周期曲线

生命周期(Life cycle, LC)的概念应用很广泛,特别是在政治、经济、环境、技术、社会等诸多领域经常出现,其基本内涵可以概括为,任何事物的发展都具有其生命周期<sup>[2]</sup>。一般情况下,可将技术生命周期分为萌芽期、成长期、成熟期和衰退期4个阶段,可以用一个拉伸的S形曲线来表示<sup>[3]</sup>(如图2所示)。同时技术发展也存在替代性,上一技术的衰退期即为下一技术的萌芽期<sup>[4]</sup>(如图3所示)。

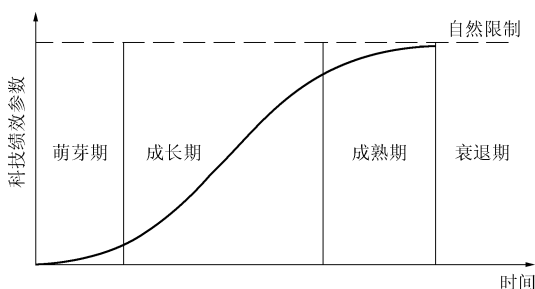


图2 技术发展生命周期

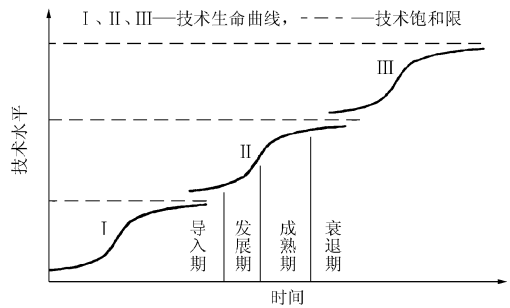


图3 技术替代规律

Logistic 曲线是国内外学者广泛采用的一种用于预测技术发展趋势的模型<sup>[5,6]</sup>,该模型可以刻画技术的生命周期,判断技术所处生命周期状态,进而了解技术的研发趋势。

Logistic 曲线最初是由比利时数学家 Verhulst 在对人口增长规律的研究中得来的。他发现社会人口的增长速度逐渐减慢,最后社会人口总量趋于一稳定值。后来,该模型广泛应用于技术发展趋势预测中,其计算公式如下:

$$p(t) = k / [1 + e^{-a(t-\beta)}] \quad (1)$$

式中: $p(t)$ —— $t$ 时间内累积专利数; $a$ ——生命周期曲线的斜率; $\beta$ ——生命周期曲线中转折点所对应的时间,即进入成熟期的时间点; $k$ ——生命周期曲线的饱和点,即最大累计专利数。

### 1.2.2 页岩气技术整体发展趋势研究<sup>[7,8]</sup>

根据以上理论及方法,对1960~2012年专利进行整体分段分析。对1960~1994年的专利累计数据,拟合后的公式为(参见图4): $Y = 1449.3 / [1 + e^{-0.2328(x-1982)}]$ ,从拟合曲线可以看出,1982年页岩气勘探开发技术进入第一个发展周期的成熟期,在1994年时增长接近于0,即在1994年前后,页岩气勘探开发技术进入第一个发展周期的衰退期;对1994~2014年的专利累计数据进行拟合后的公式为(参见图5): $Y = 7855.7 / [1 + e^{-0.22045(x-2018.96)}]$ ,在2018年页岩气勘探开发技术进入第二个发展周期的成熟期(2018.96为该曲线的转折点,即进入成熟区

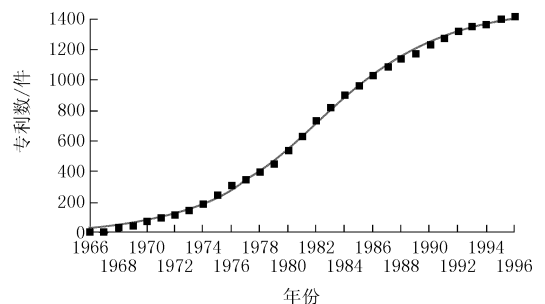


图4 1966~1994年 Logistic 曲线拟合

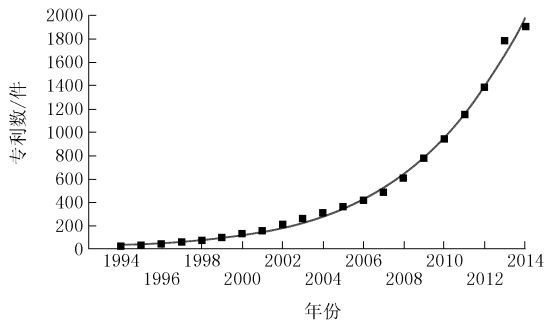


图5 1994~2014年 Logistic 曲线拟合

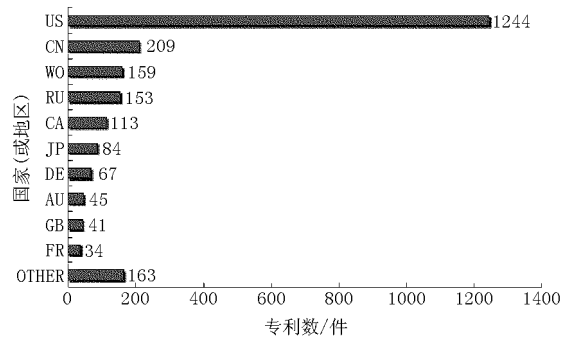


图7 页岩气勘探开发技术2010年专利申请量位居前10位的国家或地区

的时间点),推算大概在2032年进入第二个发展周期的衰退期。结合以上研究,可以综合判断出该技术群正处于快速发展期。

### 1.2.3 专利申请国家分析

1960~2014年间,共有30个国家或地区的专利局和国际性知识产权组织受理了页岩气相关技术的专利申请。图6列出了专利申请量居前10位的国家或地区,依次为:美国(US)、中国(CN)、世界知识产权组织(WO)、俄罗斯(RU,含前苏联)、加拿大(CA)、日本(JP)、德国(DE)、澳大利亚(AU)、英国(GB)、和法国(FR)。图7则列出了2010年专利申请量居前10位的国家或地区组织,依次为:美国(US)、俄罗斯(RU)、日本(JP)、中国(CN)、加拿大(CA)、德国(DE)、英国(GB)、世界知识产权组织(WO)、法国(FR)和澳大利亚(AU)。

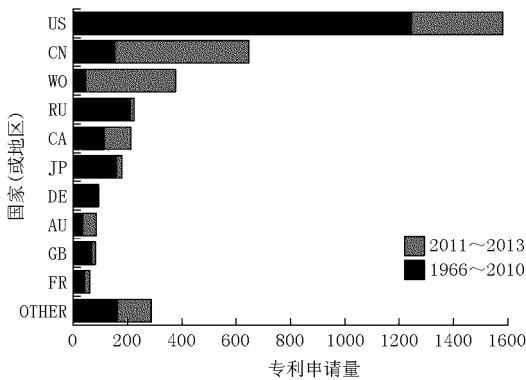


图6 页岩气勘探开发技术2014年专利申请量位居前10位的国家或地区

比较图6、图7可知,目前美国的专利申请数量最多,2013年底达到1582件,占总数的53.1%,处于绝对领先地位,这与美国页岩气资源分布量较大和商业开发进程较快的现实情况相呼应。其次是中国近几年增长迅速,2013年底累计专利量达到648件,占总数的27.1%,远超2010年居第二的俄罗斯,排名也由世界第四上升至第二。除此之外,截止2013年底,世界知识产权组织为377件,居第三;世界天然气

生产大国之一的俄罗斯为226件,为第四;加拿大为214件,居全球第五;日本为181件,排名第六。

中国专利申请数为648件,居全球第2位,仅从专利申请数量排名来看,目前中国在该领域的排名处于偏上水平,但专利申请数仅占全球页岩气勘探开发技术专利总量的27.1%,与美国相比,绝对申请数量还很低,不到美国专利申请总数的2/5。

### 1.2.4 页岩气前15项主要技术领域统计分析

在对页岩气技术排名前15项专利进行分析时,发现包含有页岩油、干馏、热采、裂解等下游技术领域,并且占有较大比例,如表1所示。

表1 页岩气前15项主要技术领域统计分析

序号	IPC 分类号	代表技术领域	数量	占比/%
1	C10B-053/06	油页岩或沥青岩的干馏	320	14.16
2	C10G-001/00	由油页岩、油砂或非熔的固态含碳物料或类似物,如木材、煤,制备液态烃混合物	241	10.67
3	E21B-043/24	使用热能从井中开采流体,如注入蒸汽	208	9.20
4	C10G-001/02	用蒸馏方法处理油页岩、油砂或非熔的固态含碳物料或类似物	140	6.19
5	C10B-053/00	专用于特定固态原物料或特殊形式的固态原物料的干馏	102	4.51
6	E21B-043/16	提高开采碳氧化合物的方法	93	4.12
7	E21B-043/00	从井中开采油、气、水、可溶解或可熔化物或矿物泥浆的方法或设备	82	3.63
8	E21C-041/10	开采石料、砂、砾石或粘土	72	3.19
9	C10G-001/04	用抽提法处理油页岩、油砂或非熔的固态含碳物料或类似物	61	2.70
10	C10G-011/00	在不存在氢的情况下,烃油的催化裂化	53	2.35
11	C10G-047/00	在存在氢或存在生成氢的化合物的情况下,为获得低沸点馏分的烃油裂解	52	2.30
12	E21B-043/26	通过形成裂隙或裂缝从井中开采流体	52	2.30
13	E21B-043/25	促进从井中开采流体的产量的方法	51	2.27
14	C09K-007/02	仅含无机化合物的钻井组合物,如粘土和盐的混合物	50	2.21
15	C10G-009/00	在不存在氢的情况下,烃油的非催化热裂化	49	2.17

注:IPC分类号又称国际专利分类号,是根据1971年签订的《国际专利分类的斯特拉斯堡协定》编制的,是目前国际通用的专利文献分类和检索工具。IPC分类表,每五年修订一次。

根据目前的页岩气技术勘探开发热潮,本文进一步对查询数据进行细分,查询了页岩气上游4个专业领域,钻井、固井、完井和压裂等专业领域的相关专利数据并进行了调研和分析。

## 2 页岩气勘探开发钻井、固井、完井、压裂发展趋势研究

由图8可以看出,钻井、固井、完井、压裂4个专业在页岩气勘探开发所有专利中所占比例很小,因此,对页岩气钻井、固井、完井、压裂4个领域专利的历年数据和历年累计数据进行统计(见图9)。

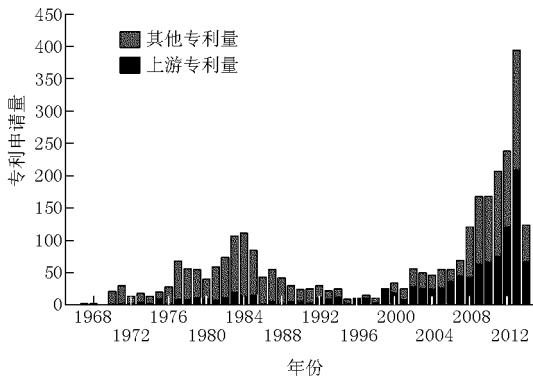


图8 页岩气勘探开发技术专利数据  
(黑色为钻井、固井、完井、压裂4个专业总和)

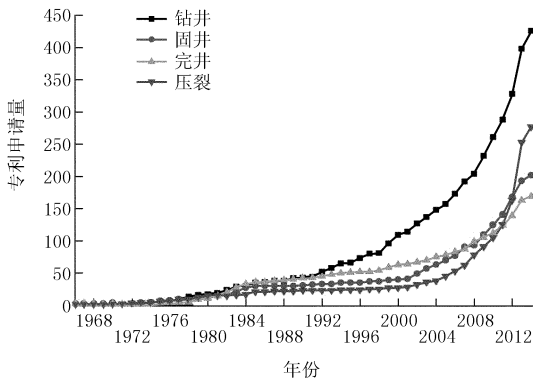


图9 页岩气钻井、固井、完井、压裂4个专业历年累计数据变化

从页岩气钻井、固井、完井、储层改造4个领域专利历年累计变化图中可以看出,4个技术领域专利累计数据随时间具有相同的变化趋势,但在1991年以后的钻井技术领域专利累计数据较固井、完井和压裂3个技术领域的专利累计数据有较大幅度增长,故本文以钻井为例进行分析。

## 3 页岩气勘探开发钻井技术发展趋势

### 3.1 研究机构排名

从表2可以分析得出,页岩气勘探开发钻井技术专利申请机构比较庞杂,而且所占比重都比较均

衡,因此,本文初步判断目前页岩气勘探开发钻井技术正处于快速成长期。

表2 页岩气勘探开发钻井专利申请前15名主要机构统计分析

序号	机构名称	专利数量	占比/%
1	SHELL OIL CO	22	7.6125
2	HALLIBURTON ENERGY SERVICES INC	19	6.5744
3	BAKER HUGHES INC	12	4.1522
4	SCHLUMBERGER CANADA LTD	12	4.1522
5	VINEGAR H J	10	3.4602
6	M - I LLC	9	3.1142
7	SHELL INT RES MIJ BV	9	3.1142
8	WELLINGTON S L	9	3.1142
9	ROUFFIGNAC E P D	8	2.7682
10	SCHLUMBERGER HOLDINGS LTD	7	2.4221
11	SOFITECH NV	7	2.4221
12	BERCHENKO I E	6	2.0761
13	CIE SERVICES DOWELL SCHLUMBERGER	6	2.0761
14	CURTIS P A	6	2.0761
15	SCHLUMBERGER TECHNOLOGY BV	6	2.0761

### 3.2 技术类别排名(以国际专利分类为准)

从表3、4的对比,可以看出,1991年以前,技术领域种类少,所占比重也小,判断该时期为萌芽期;而在1991年以后,技术领域种类庞杂,数量猛增,所占比例都不是很大,初步判断此时技术正处于快速成长期。

表3 1966~1991年页岩气勘探开发钻井技术专利领域前7名统计分析

序号	IPC 分类号	代表领域	专利数量	占比/%
1	E21B-043/24	使用热能从井中开采油、气、水、可溶解或可熔化物或矿物泥浆,如注入蒸汽	8	20.5128
2	C09K-007/02	液态钻井组合物	7	17.9487
3	E21C-041/10	地下或地面采矿方法	6	15.3846
4	B01D-019/00	液体的脱气	3	7.6923
5	C10B-057/20	一般的干馏工艺的特性	3	7.6923
6	E21B-021/04	由流体方法操作的,如由爆炸驱动的在井眼或井中替换,安放,锁定,拆卸或取出工具、封隔器或类似物的装置	2	5.1282
7	E21B-033/13	用于封堵井眼、裂隙或类似情况的注水泥方法或装置	2	5.1282

### 3.3 生长曲线(见图11)

对1966~1991年专利数据进行拟合后的公式为: $Y = 55.82 / [1 + e^{-0.24692(x-1983.6)}]$ 。根据该拟合后的结果可知,1983年进入这个周期的成熟期;对1991~2012年数据进行拟合,拟合后的公式为: $Y = 5278.94 / [1 + e^{-0.15684(x-2030.4)}]$ 。可知,页岩气勘探开发技术中的钻井技术在2030年经过1991~2012年数据拟合曲线的拐点,即2069年进入这个周期的

表4 1991~2010年页岩气勘探开发钻井技术专利领域前15名统计分析

序号	IPC 分类号	代表领域	专利数量	占比/%
1	C09K-007/02	液态钻井组合物	41	16.4
2	C09K-008/02	钻井组合物	37	14.8
3	E21B-021/00	冲洗井眼的方法或设备,如通过利用发动机排出的尾气	29	11.6
4	E21B-043/16	提高开采碳氧化合物的方法	27	10.8
5	E21B-043/24	使用热能从井中开采油、气、水、可溶解或可熔化物质或矿物泥浆,如注入蒸汽	24	9.6
6	E21B-043/00	从井中开采油、气、水、可溶解或可熔化物质或矿物泥浆的方法或设备	23	9.2
7	C09K-008/60	通过作用于地下结构增加产出的钻井组合物	21	8.4
8	E21B-043/25	促进从井中开采油、气、水、可溶解或可熔化物质或矿物泥浆产量的方法	21	8.4
9	E21B-021/06	井眼外处理钻井液的装置	20	8.0
10	E21B-043/26	通过形成裂隙或裂缝从井中开采油、气、水、可溶解或可熔化物质或矿物泥浆	19	7.6
11	C09K-007/00	钻井组合物	16	6.4
12	C09K-007/06	非水的钻井组合物,例如油基组合物	14	5.6
13	E21B-049/00	测试井壁的性质;地层测试;专用于地表钻进或钻井以便取得表土或井中液体试样的方法或设备	14	5.6
14	B07B-001/46	分选固体物料的一般筛的结构零件;筛的清理或加热	13	5.2
15	C09K-008/12	含合成有机高分子化合物或其前体的钻井组合物	13	5.2

领域也进行了以上分析研究,由结果判断得出,固井、完井、储层改造技术等目前也处于技术发展的快速增长期。

#### 4 结论

(1)通过对页岩气勘探开发技术专利时序分析及历程调研,得出该技术的发展受经济发展、能源需求、政策支持等外界环境的影响,而这些因素的影响也都与专利信息波动表现一致。目前,国内外形成了数量众多的专利技术,对专利信息的及时获取和监测可以进一步指导相关技术创新。

(2)页岩气勘探开发技术主要集中在15个技术领域,世界范围内专利总量最多的15家公司各自的重点领域大致相同,但在细分类别上又有较大差别。总体来看,页岩气勘探开发技术主要集中在干馏、热采和提高采收率等方面。

(3)通过生命周期分析,页岩气勘探开发技术正处于快速增长期,将在2018年进入成熟期,上游钻井、固井、完井、压裂等4个专业领域的技术在2000年后快速增长,刚刚进入快速增长期。因此,应抓住时机,及时制定专利战略,研究研发热点及前沿,指导相关技术创新,从而形成自主知识产权,抢占技术制高点。

(4)世界掀起了一股页岩气勘探开发技术研发热潮。从调研数据来看,2013年的专利增长量,中国的贡献量很大,一方面是由于中国从2010年定页岩气为第27类矿藏资源后,陆续出台了很多的相关扶持政策,政策导向性大;另一方面,是中国的各大高校、研发体系正在进行积极的非常规资源技术储备。

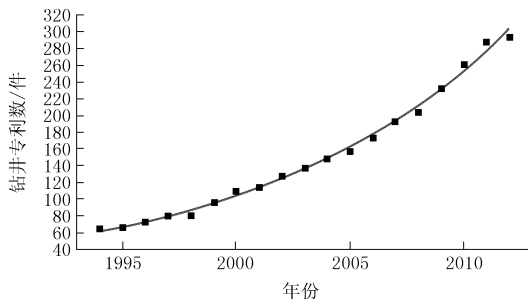
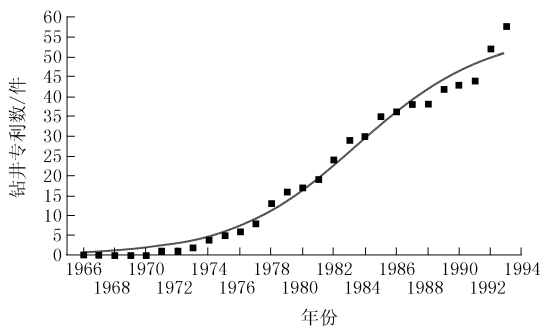


图11 页岩气钻井技术生命周期 Logistic 曲线分段拟合

成熟期,但是该曲线是根据未来数据对曲线的拟合进行约束的,所以随着未来数据的不断更新,拐点年份会逐渐精确并降低,目前页岩气勘探开发钻井技术正处于快速成长期。

依此方法,对固井、完井、储层改造等3个技术

#### 参考文献:

- [1] 郑军卫,王雪梅,张树良. 国际页岩气勘探开发技术专利态势分析[J]. 知识产权动态,2011,(3):38-46.
- [2] 刘斌强. 基于专利信息分析的技术生命周期判断与应用[J]. 法制建设,2011,(1):77-79.
- [3] 历妍. 基于专利的技术发展趋势研究[D]. 北京:北京工业大学,2011.
- [4] 朱庆华. 信息分析基础、方法及应用[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [5] 张杰. 基于专利的技术发展趋势实证研究——以纤维混凝土为例[J]. 科技管理研究,2010,(23):166-169.
- [6] 林婧弘. 美国、日本实施专利战略的经验及启示[J]. 知识产权,2009,23(6):38-41.
- [7] 张运东,李春,新赵星. 斯伦贝谢公司基本专利布局及其发展趋势[J]. 国际石油经济,2008,16(9):15-19.
- [8] 杨林村,邓益志,赵立新. 国家专利战略研究[M]. 北京:知识产权出版社,2004.